

Studi Pengaruh Luas Permukaan Logam Zn sebagai Zat Pereduksi terhadap Massa dan Karakter Produk Sintesis Grafena

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam bidang Kimia

oleh:
NABILAH THUFAILAH
145090200111003



JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nabilah Thufailah

NIM : 145090200111003

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul:

Studi Pengaruh Luas Permukaan Logam Zn sebagai Zat Pereduksi terhadap Massa dan Karakter Produk Sintesis Grafena

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 10 Juli 2018

Yang menyatakan,



(Nabilah Thufailah)

NIM 145090200111003

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**Studi Pengaruh Luas Permukaan Logam Zn sebagai Zat
Pereduksi terhadap Massa dan Karakter Produk Sintesis
Grafena**

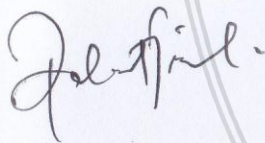
oleh:

**NABILAH THUFAILAH
145090200111003**

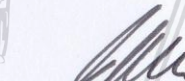
Setelah diseminarkan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 18 Juli 2018
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains dalam bidang Kimia

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Dr. rer. nat Rachmat Triandi T., S.Si., M.Si
NIP. 197207172000031002



Darjito, S.Si., M.Si
NIP. 197007081995031001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Masruri, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19731020 200212 1 001

Studi Pengaruh Luas Permukaan Logam Zn sebagai Zat Pereduksi terhadap Massa dan Karakter Produk Sintesis Grafena

ABSTRAK

Perkembangan material sangat dibutuhkan dalam kemajuan teknologi di berbagai bidang. Salah satu material yang berkembang saat ini adalah grafena karena grafena merupakan material yang memiliki sifat termal, mekanik, dan elektrik yang baik. Sintesis grafena pada penelitian ini dilakukan melalui dua tahap, yaitu sintesis grafena oksida atau yang sering disebut dengan metode Hummer dan reduksi grafena oksida. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis grafena dengan kualitas yang baik menggunakan logam pereduksi Zn serbuk dan granul. Pada penelitian ini dilakukan variasi penambahan massa logam pereduksi sebanyak satu, dua, dan tiga gram serta variasi waktu pengadukan selama satu dan dua jam. Uji kualitas grafena dilakukan dengan mengkarakterisasi grafena menggunakan spektrometer FTIR, instrument XRD, dan uji kelarutan dengan air dan kloroform. Hasil uji FTIR menunjukkan gugus fungsi yang terkandung dalam grafena telah sesuai. Namun hasil uji XRD menunjukkan bahwa grafena yang dihasilkan masih dalam bentuk grafit oksida yang menandakan bahwa proses reduksi berlangsung secara tidak sempurna. Berdasarkan uji kelarutan, semua grafena yang dihasilkan dengan berbagai perlakuan larut dalam air suling tetapi tidak semua grafena larut dalam kloroform.

Kata kunci: grafena, metode Hummer, reduksi grafena oksida, logam pereduksi Zn.

Study Effect of Zn Metal Surface Areas as Reduction Substance on the Mass and Character of Graphene Synthesis Product

ABSTRACT

The development of materials is needed in various sector. One of materials that exist at this time is graphene because graphene has some good characteristic like thermal, mechanical, and electrical properties. Synthesis of graphene on this research was performed in two stages, first, synthesis of grapheme oxide or Hummer method and reduction grapheme oxide. The purpose of this research is to synthesize graphene with the good quality using Zn powder and granule as the reduction agent. This research uses variation of reduction metal mass e.i. one, two, and three grams and the variation of stirring time that is one, two, and three hours. Quality tests of graphene were performed by characterizing graphene using FTIR spectrometer, XRD instrument, and solubility test with water and chloroform. The FTIR measurement results show the functional groups of the resulting in graphene are in accord with literature. But, the result of XRD measurement show that the end product is still in the form of graphite oxide which indicates that the process of reduction is not complete. In the solubility tests, all the graphene with the various treatments are soluble in the water, but not all of the graphene dissolve in chloroform.

Keywords: Graphene, Hummer method, Graphene oxide reduction, Zn reducing metal.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material adalah suatu bahan yang memiliki massa, sifat dan berdayaguna [1]. Perkembangan material sangat dibutuhkan dalam kemajuan teknologi di berbagai bidang. Salah satu material yang menjadi pusat perhatian saat ini adalah grafena. Grafena merupakan senyawa karbon dua dimensi berbentuk seperti sarang lebah sebagai penyusun berbagai alotrop karbon. Grafena merupakan material tertipis di dunia karena terdiri dari satu lapis atom karbon. Grafena menarik perhatian para komunitas ilmiah karena memiliki sifat termal, mekanik, dan listrik yang baik [2-4]. Sifat listrik yang paling menarik dari grafena adalah mobilitas pembawa muatan yang tinggi [3].

Grafena memiliki transparansi optik hingga 97,7%. Meskipun sangat tipis, kekuatan grafena melebihi baja [5,6]. Grafena memiliki struktur heksagonal dengan hibridisasi sp^2 , memiliki mobilitas pembawa muatan dan konduktivitas termal yang baik [7,8]. Keunggulan sifat yang dimiliki grafena menyebabkan grafena dapat digunakan dalam pengembangan material nanokomposit seperti superkapasitor [9], sensor [10], solar panel [11], dan sebagai adsorben [12].

Secara umum sintesis grafena dapat dilakukan dengan menggunakan tiga metode yaitu *mechanical exfoliation* (*scotch tape*), metode *Chemical Vapor Deposition* (CVD), dan modifikasi metode Hummer atau metode reduksi grafit oksida. Ketiga metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. *Mechanical exfoliation* merupakan metode paling sederhana serta menghasilkan grafena yang memiliki kemurnian dan kualitas tinggi. Namun, grafena yang dihasilkan dari metode ini memiliki kuantitas yang rendah. Metode *Chemical Vapor Deposition* (CVD) menghasilkan grafena dengan jumlah cukup banyak tetapi kualitasnya rendah dan membutuhkan biaya yang cukup besar. Metode reduksi grafit oksida merupakan metode sintesis grafena yang sederhana dan mampu menghasilkan grafena berskala besar dengan biaya yang murah [13].

Metode reduksi grafit oksida telah banyak dilakukan oleh peneliti sebagai metode sintesis grafena dengan menggunakan zat pereduksi berupa Zn. Logam Zn yang digunakan berupa granul dan serbuk

sebagai zat pereduksi dalam sintesis grafena karena Zn bersifat tidak berbahaya, tidak beracun dan dapat digunakan dalam kondisi asam maupun basa [14]. Metode reduksi grafit oksida diawali dengan pembuatan grafit oksida dari serbuk grafit dengan cara mereaksikan grafit dengan kalium permanganat (KMnO_4) dan natrum nitrat (NaNO_3) dalam larutan asam sulfat (H_2SO_4) [13]. Grafit oksida yang telah terbentuk dilarutkan dalam aquades dan diberi gelombang ultrasonik selama dua jam hingga menghasilkan grafena oksida. Selanjutnya dilakukan reduksi grafena oksida menjadi grafena dengan menggunakan agen pereduksi serbuk Zn.

Grafena yang dihasilkan akan dikarakterisasi dengan menggunakan *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi grafena, *X-ray Powder Diffraction* (XRD) untuk mengetahui jarak antar-lapisan atau *d-spacing* pada grafena, dan uji kelarutan dengan kloroform.

Berdasarkan uraian diatas, dibutuhkan pengembangan metode dalam sintesis grafena untuk menghasilkan massa dan kualitas grafena yang baik. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan metode-metode sebelumnya dengan cara memvariasikan massa Zn sebagai zat pereduksi dan waktu pengadukan setelah penambahan zat pereduksi serta zat pereduksi yang digunakan memiliki luas permukaan yang berbeda. Penelitian ini diharapkan mampu menjelaskan pengaruh luas permukaan zat pereduksi dan penambahan massa pereduksi serta masa pengadukan terhadap massa dan karakter grafena yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Belum diketahui pengaruh luas permukaan logam Zn sebagai zat pereduksi terhadap massa dan karakter produk sintesis grafena.
2. Reaksi reduksi dipengaruhi oleh zat pereduksi tetapi belum diketahui apakah massa zat pereduksi berpengaruh terhadap karakter produk sintesis grafena.
3. Pengadukan dilakukan untuk mempercepat reaksi tetapi belum diketahui waktu pengadukan yang optimum.

1.3 Batasan Masalah

1. Grafit oksida disintesis dengan metode Hummer tanpa variasi perlakuan.
2. Tidak dilakukan variasi suhu pada saat penambahan zat pereduksi.

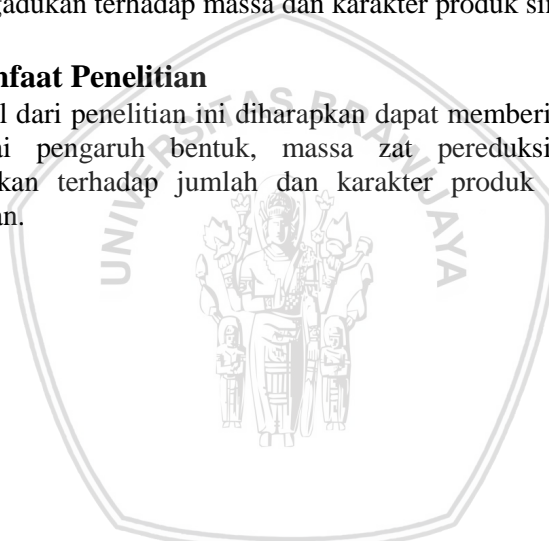
3. Tidak dilakukan variasi masa kontak tanpa pengadukan.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Melakukan sintesis grafena menggunakan dua bentuk zat pereduksi yaitu logam Zn serbuk dan granul dengan melihat pengaruh luas permukaan zat pereduksi terhadap massa dan karakter produk sintesis grafena.
2. Melakukan sintesis grafena dengan melihat pengaruh penambahan massa zat pereduksi terhadap massa dan karakter produk sintesis grafena.
3. Melakukan sintesis grafena dengan melihat pengaruh waktu pengadukan terhadap massa dan karakter produk sintesis grafena.

1.5 Manfaat Penelitian

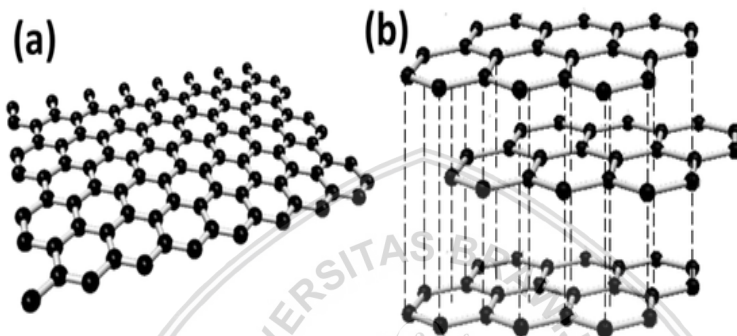
Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh bentuk, massa zat pereduksi dan waktu pengadukan terhadap jumlah dan karakter produk grafena yang dihasilkan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Grafena

Grafena adalah struktur dasar dari semua karbon dengan struktur nano, yaitu 0D *fullerens*, dalam 1D *nanotube* dan dalam bentuk 3D *graphite* [16].



Gambar 2.1: Struktur grafena (a) dan grafit (b). Gambar diambil dari literatur nomor [17].

Grafena ditemukan pertama kali pada tahun 2004 oleh Andre K. Gaim dan Konstantin Novoselov [15]. Ikatan kovalen antar karbon yang kuat menyebabkan grafena sulit untuk diregangkan. Grafena memiliki modulus Young hingga 1,1 TPa, modulus elastis 0,25 TPa dan luas permukaan 2630 m² [5,6]. Struktur yang berlapis-lapis membuat grafena bersifat sangat konduktif dengan mobilitas pembawa muatan hingga 200.000 cm²V⁻¹s⁻¹ dan konduktivitas termal hingga 5.300 Wm⁻¹K⁻¹ [7,8].

2.2 Sintesis Grafena

Sintesis grafena dapat dilakukan dengan melalui proses sebagai berikut [18]:



Gambar 2.2: Skema pengolahan grafit menjadi grafena. Gambar diambil dari literatur nomor [18]

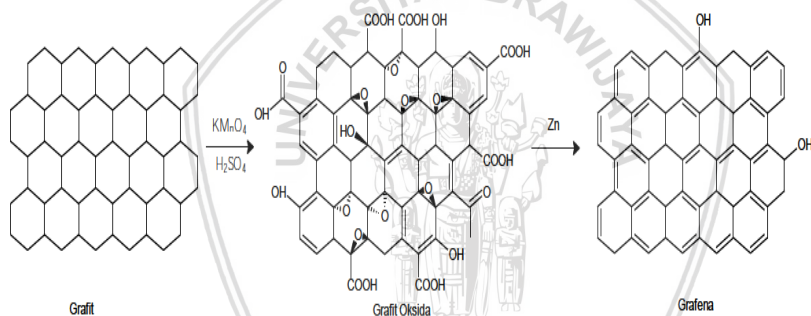
Sintesis grafena dapat dilakukan melalui pengolahan grafit menjadi lembaran-lembaran tunggal grafena. Pengolahan grafit dilakukan dengan cara grafit dioksidasi menjadi grafit oksida. Kemudian lembaran-lembaran grafit oksida tersebut dikelupas (*exfoliated*) dalam air dengan bantuan proses ultrasonikasi hingga terbentuk grafena oksida. Konsentrasi oksigen dalam grafena oksida dapat direduksi hingga terbentuk lapisan grafena [18,19].

Sintesis grafena dapat dilakukan dengan menggunakan tiga metode antara lain *mechanical exfoliation (scotch tape)*, *Chemical Vapor Deposition (CVD)*, dan modifikasi metode Hummers yaitu metode reduksi grafit oksida. *Mechanical exfoliation* yang dikenal sebagai metode plester (*scotch tape*) merupakan metode yang paling sederhana karena dapat dilakukan hanya dengan mengelupas lapisan grafit bagian luar dengan menggunakan plester (*scotch tape*). Hal ini dilakukan berulang kali hingga lapisan grafena yang menempel hanya sedikit. Kemudian plester (*scotch tape*) ditempelkan pada substrat dengan menambah aseton agar lapisan grafena yang menempel dapat lepas dari plester (*scotch tape*). Metode ini membutuhkan waktu yang lama untuk memisahkan lapisan grafena menjadi lapisan tunggal dan menghasilkan grafena dalam skala kecil. Namun metode ini dianggap cocok untuk mengetahui sifat fisik grafena karena mudah, murah, dan menghasilkan lembaran grafena dengan kualitas tinggi [20,21].

Pada metode CVD (*Chemical Vapor Deposition*) menghasilkan grafena dalam skala besar tetapi memiliki kualitas dan kemurnian yang rendah. Selain itu, biaya yang dibutuhkan besar karena menggunakan substrat SiO_2 sebagai media pertumbuhan grafena dan membutuhkan peralatan penunjang untuk metode CVD (*Chemical Vapor Deposition*) yang menggunakan teknologi tinggi. Metode CVD (*Chemical Vapor Deposition*) dianggap cocok untuk aplikasi dalam elektrokimia dengan mengacu pada keseragaman lembaran grafena dan luas permukaan yang lebar sehingga memungkinkan untuk pembuatan dalam skala besar. Oleh karena itu, metode CVD (*Chemical Vapor Deposition*) dapat digunakan dalam bidang industri [13,20].

Modifikasi metode Hummer dengan reduksi grafena oksida merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Metode ini diawali dengan melakukan sintesis grafit oksida. Grafit oksida yang dikenal sebagai *graphitic acid* telah ditemukan sejak tahun 1859 oleh Brodie saat mengoksidasi *Ceylon graphite* dengan campuran kalium klorat (KClO_3) dan asam nitrat (HNO_3). Sejak itu, banyak

dikembangkan cara untuk memperoleh grafit oksida. Metode Staudenmaier mengembangkan metode Brodie dengan menambahkan larutan H_2SO_4 . Namun menurut Hofmann Frenzel dan Hamdi, metode Staudenmaier membutuhkan waktu yang lama dan menghasilkan produk samping yang berbahaya yaitu ClO_2 . Pada tahun 1958, William S. Hummers dan Richard E. Offeman mempublikasikan metode oksidasi untuk mengubah grafit menjadi grafit oksida. Metode ini dikenal sebagai metode Hummers yang dilakukan dengan mengoksidasi grafit dengan cara mereaksikan dengan kalium permanganat (KMnO_4) dan natrium nitrat (NaNO_3) dalam larutan asam sulfat (H_2SO_4). Metode yang dilakukan oleh Hummers ini dapat dilakukan dalam waktu singkat dan tidak menghasilkan produk samping berbahaya berupa ClO_2 karena dalam metode ini tidak digunakan KClO_3 tetapi digantikan dengan menggunakan KMnO_4 [19,22].



Gambar 2.3: Mekanisme sintesis grafena dari grafit. Gambar diambil dari literatur nomor [14]

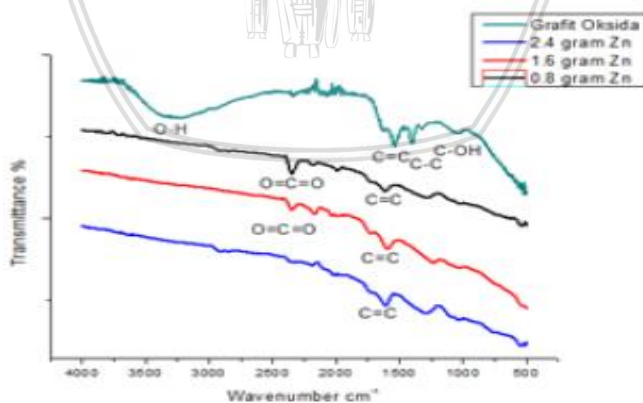
Gambar 2.3 menunjukkan bahwa grafit oksida yang diperoleh akan mengalami pengelupasan pada proses ultrasonikasi melalui medium air sehingga terbentuk grafena oksida. Kemudian grafena oksida akan direduksi oleh zat pereduksi seperti logam Zn. Oksigen yang ada pada grafena oksida akan direduksi oleh zat pereduksi seperti Zn hingga yang tersisa hanya grafena [4,19]. Logam Zn yang digunakan berupa serbuk dan granul untuk mengetahui adanya pengaruh luas permukaan zat pereduksi. Berdasarkan literatur, bertambahnya luas permukaan dapat meningkatkan sisi aktif dari senyawa tersebut sehingga interaksi dengan senyawa lain dapat terjadi dengan intensitas yang tinggi [23].

2.3 Logam Zn sebagai Zat Pereduksi

Logam Zn yang dikenal dengan seng merupakan unsur kimia pertama golongan 12 pada susunan berkala. Seng memiliki bilangan atom 30 dan massa atom relative (Mr) 65,39 g/mol. Sifat fisika dari seng adalah berbentuk padatan, berwarna abu-abu kebiruan, memiliki titik didih 907 °C, dan titik leleh 419 °C. Seng tidak larut dalam air dingin dan panas, metanol, dietil eter, n-oktanol, dan aseton. Logam Zn (Zn^{2+}/Zn) memiliki nilai potensial reduksi sebesar -0,763 V. Logam Zn digunakan sebagai zat pereduksi dalam sintesis grafena karena Zn bersifat tidak berbahaya, tidak beracun dan dapat digunakan dalam kondisi asam maupun basa [14,24].

2.4 Analisis Menggunakan Spektrometer FTIR (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*)

Spektrometer FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi berdasarkan vibrasi molekul. Sintesis grafena dilakukan dengan mengubah grafit menjadi grafit oksida, grafit oksida menjadi grafena oksida, dan grafena oksida menjadi grafena. Oleh karena itu dilakukan analisis FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel dan gugus fungsi apa saja yang telah tereduksi setelah melalui tahapan-tahapan tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya [13], diperoleh hasil uji FTIR (*Fourier-Transform Infrared*) seperti pada Gambar 2.4.

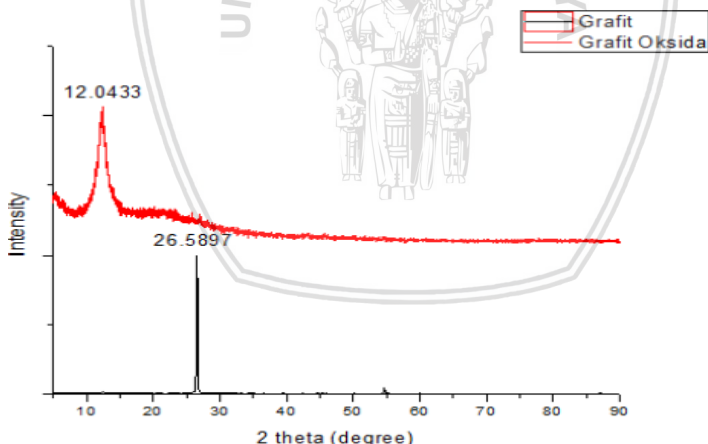


Gambar 2.4: Spektrum IR grafit oksida dan grafena menggunakan logam Zn. Gambar diambil dari literatur nomor [13]

Gambar 2.4 menunjukkan hasil uji menggunakan FTIR (*Fourier-Transform Infrared*) pada grafit oksida dan grafena dengan menggunakan logam Zn sebagai zat pereduksi. Hasil uji yang baik terdapat pada variasi massa 2,4 g serbuk Zn yang hanya mengandung ikatan C=C *aromatic* yang merupakan penanda terbentuknya grafena. Hal ini dikarenakan ikatan C=C merupakan ikatan utama dari struktur grafena [13].

2.5 Analisis Menggunakan Instrumen XRD (*X-ray Powder Diffraction*)

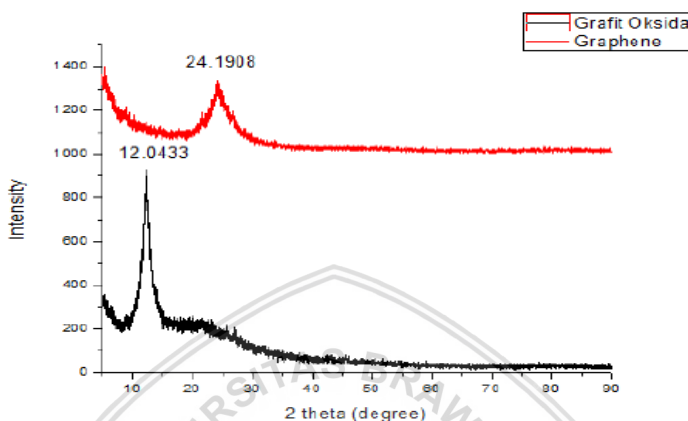
Analisis XRD dilakukan untuk mengetahui perubahan yang terjadi karena adanya perlakuan yang diberikan pada sampel dengan melihat jarak antar-lapisan (*d-spacing*). Pada penelitian ini digunakan analisis menggunakan instrumen XRD karena grafena memiliki struktur kristal sehingga perlu diamati sistem kristal pada grafena yang dihasilkan. Metode difraksi sinar-X dapat mengetahui parameter kisi, susunan atom, dan adanya ketidaksempurnaan kristal pada grafena. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya, diperoleh hasil uji XRD seperti pada Gambar 2.5 [13].



Gambar 2.5: Difraktogram grafit dan grafit oksida. Gambar diambil dari literatur nomor [13]

Gambar 2.5 menunjukkan difraktogram XRD dari grafit dan grafit oksida. Grafit memberikan difraksi pada sudut 2θ 26,5897 dengan *d-spacing* 3,34968 Å sedangkan grafit oksida memberikan difraksi pada sudut 2θ 12,0433 dengan *d-spacing* 7,342887 Å.

Peningkatan jarak antar-lapisan (*d-spacing*) disebabkan oleh adanya penambahan molekul air dan gugus oksigen diantara lapisan dalam grafit oksida. Hal ini mengindikasikan bahwa grafit telah teroksidasi [13].



Gambar 2.6: Difraktogram grafit oksida dan grafena. Gambar diambil dari literatur nomor [13]

Gambar 2.6 menunjukkan hasil difraktogram XRD dari grafit oksida dan grafena. Grafit oksida memberikan difraksi sudut 2θ ada 12,0433 dengan *d-spacing* 7,342887 Å sedangkan grafena memberikan difraksi sudut 2θ pada 24,1908 dengan *d-spacing* 3,676147 Å. Perubahan sudut 2θ pada grafit oksida menjadi grafena ditunjukkan dengan tidak adanya *peak* lain yang terlihat sehingga dapat disimpulkan bahwa grafit oksida telah berubah menjadi lembaran grafena. Penurunan nilai *d-spacing* menunjukkan bahwa grafit oksida telah tereduksi dengan baik [13].

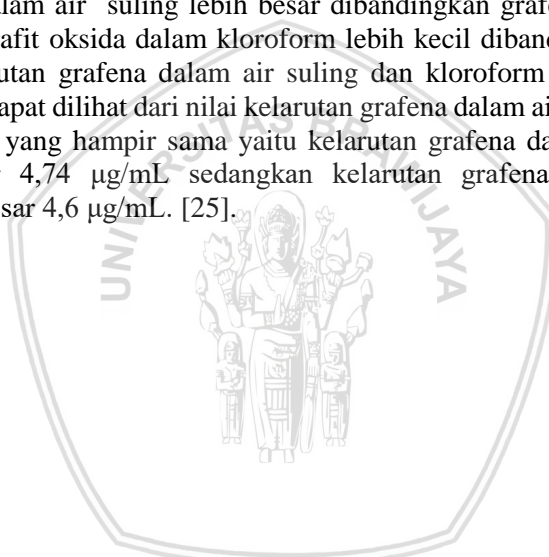
2.6 Uji Kelarutan Menggunakan Air dan Kloroform

Uji kelarutan merupakan suatu analisis kualitatif untuk mengetahui banyaknya zat yang terlarut dalam pelarut berdasarkan kaidah *like dissolves like*. Grafit oksida dan grafena memiliki nilai kelarutan yang berbeda-beda dalam berbagai pelarut (Tabel 2.1).

Tabel 2.1: Momen dipol, tegangan permukaan, dan nilai kelarutan GO, rGO dalam pelarut air suling dan kloroform [25].

Pelarut	Momen dipol	Tegangan permukaan (mN/m)	Kelarutan	
			GO (µg/mL)	rGO (µg/mL)
Air suling	1,85	72,8	6,6	4,74
Kloroform	1,02	27,5	1,3	4,6

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat disimpulkan kemampuan grafit oksida larut dalam air suling lebih besar dibandingkan grafena dan kemampuan grafit oksida dalam kloroform lebih kecil dibandingkan grafena. Kelarutan grafena dalam air suling dan kloroform hampir sama. Hal ini dapat dilihat dari nilai kelarutan grafena dalam air suling dan kloroform yang hampir sama yaitu kelarutan grafena dalam air suling sebesar 4,74 µg/mL sedangkan kelarutan grafena dalam kloroform sebesar 4,6 µg/mL. [25].



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai dengan Mei 2018 di Laboratorium Kimia Anorganik dan UPT Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Brawijaya Malang. Karakterisasi menggunakan instrument XRD dilakukan di Laboratorium Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh November.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, batang pengaduk, gelas arloji 100 mL, pipet ukur 10 mL, timbangan Mettler AE 50, pengaduk magnet (*stirrer*), *stopwatch*, pH meter Mettler Toledo, dan FTIR 4800S Shimadzu.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk grafit (merck), NaNO_3 (p.a), H_2SO_4 98% (p.a), KMnO_4 (p.a), H_2O_2 30% (p.a), HCl 37% (p.a), serbuk dan granul Zn (merck), CH_3Cl , dan air suling.

3.3 Tahapan Penelitian

1. Sintesis grafena oksida.
2. Reduksi grafena oksida menggunakan zat pereduksi Zn serbuk dan granul.
3. Karakterisasi menggunakan Spektrometer *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).
4. Karakterisasi menggunakan Instrumen *X-ray Powder Diffraction* (XRD).
5. Uji kelarutan dengan air dan kloroform.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Sintesis Grafena Oksida

Sintesis grafena dilakukan dengan mempersiapkan grafit terlebih dahulu sebagai bahan utama dalam sintesis grafena oksida. Tahap pertama sintesis grafena oksida adalah mencampurkan dua

gram grafit dan empat gram NaNO_3 dengan 100 mL H_2SO_4 98% dan dilakukan pengadukan selama empat jam dengan kecepatan tinggi di dalam wadah berisi es dengan suhu 0°C . Saat proses pengadukan berjalan selama satu jam, ditambahkan 8 g KMnO_4 sedikit demi sedikit sehingga larutan menjadi berwarna hijau kehitaman. Pengadukan dilakukan kembali pada suhu 35°C selama 24 jam. Setelah dilakukan pengadukan, dilakukan penambahan air suling sebanyak 200 mL dan diaduk selama satu jam. Larutan yang telah homogen ditambah 15 mL H_2O_2 30% sedikit demi sedikit dan diaduk selama 15 menit.

Campuran yang terbentuk dipisahkan fasa padat dan cairnya dengan cara dekantasi. Fasa solid yang telah dipisahkan dari fasa cairnya dicuci dengan HCl 37% sebanyak 100 mL dan dilakukan pencucian kembali dengan air suling hingga pH campuran sama dengan pH air suling yang digunakan. Larutan yang terbentuk merupakan larutan grafit oksida. Selanjutnya endapan grafit oksida dikeringkan selama 12 jam. Setelah diperoleh serbuk grafit oksida, ditimbang sebanyak 0,3 g dalam 30 mL air suling dan dilakukan proses ultrasonikasi selama dua jam. Proses yang terjadi saat ultrasonikasi berlangsung adalah pengelupasan grafit oksida menjadi grafena oksida.

3.4.2 Reduksi Grafena Oksida dengan Zn

Proses grafena oksida dilakukan dengan melakukan penambahan HCl 37% sebanyak 10 mL dalam 20 mL larutan grafena oksida yang telah terbentuk saat ultrasomikasi. Selanjutnya dilakukan penambahan logam Zn dalam bentuk serbuk dan granul dengan variasi penambahan sebanyak satu, dua, dan tiga gram ke dalam larutan grafena oksida. Larutan didiamkan selama satu jam agar terjadi proses reduksi yang maksimal. Setelah didiamkan, dilakukan pengadukan dengan variasi waktu pengadukan selama satu dan dua jam. Setelah dilakukan pengadukan, larutan ditambah HCl 37% sebanyak 10 mL. Selanjutnya dilakukan pencucian dengan aquades hingga pH larutan sama dengan pH air suling yang digunakan. Grafena yang diperoleh dikeringkan pada suhu 100°C selama dua jam.

3.4.3 Karakterisasi Menggunakan Spektrometer FTIR

Grafena hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan instrumen FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk selama proses

sintesis. Pengujian dilakukan dengan rentang panjang gelombang 500-4000 nm.

3.4.4 Karakterisasi Menggunakan Instrumen XRD

Karakterisasi selanjutnya menggunakan instrumen XRD. Grafena hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui perubahan yang terjadi karena adanya perlakuan yang diberikan pada grafena. Pengujian dilakukan dengan rentang sudut 5° - 90° dan panjang gelombang sebesar 1.54056 \AA .

3.4.5 Uji Kelarutan dengan Air dan Kloroform

Grafit oksida dan grafena yang diperoleh, diuji kelarutannya dalam dua macam pelarut yaitu air suling dan kloroform dengan konsentrasi 99%. Uji kelarutan dilakukan dengan melarutkan grafit oksida dan grafena masing-masing sebanyak 0,01 g tersebut dalam kloroform sebanyak 5 mL. Hal yang sama juga dilakukan saat uji kelarutan menggunakan air suling. Selanjutnya dilakukan proses ultrasonikasi selama satu jam. Kemudian didiamkan selama 24 jam untuk mengetahui kestabilan kelarutan grafena dan grafit oksida dalam kloroform dan air suling.

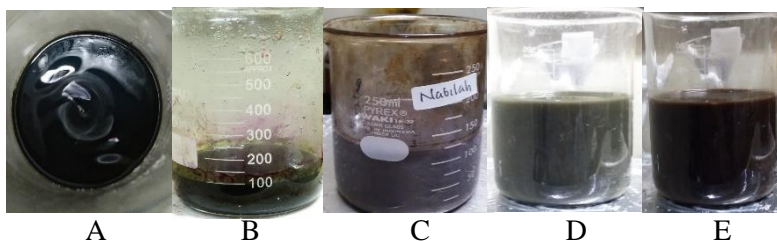
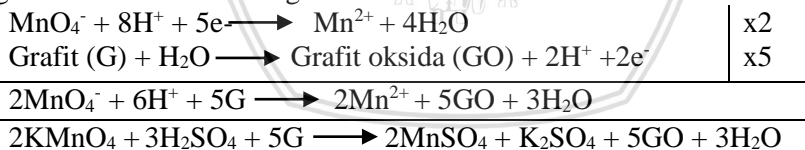
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sintesis Grafena Oksida

Sintesis grafena oksida dengan metode Hummer dilakukan dengan cara mencampurkan dua gram grafit dengan H_2SO_4 98% sebanyak 100 mL dan empat gram NaNO_3 . Campuran yang dihasilkan berwarna hitam. H_2SO_4 berfungsi sebagai pelarut dan pembawa suasana asam karena proses oksidasi dapat berlangsung dengan baik dalam suasana asam dan NaNO_3 berfungsi sebagai oksidator. Selanjutnya dilakukan penambahan KMnO_4 yang juga berfungsi sebagai oksidator. Setelah dilakukan penambahan KMnO_4 , campuran berubah warna menjadi hijau kehitaman dan setelah dilakukan pengadukan selama 24 jam dengan suhu 35°C , campuran berubah warna menjadi abu-abu keunguan.

Campuran ditambahkan air suling sebanyak 200 mL secara bertahap dan diaduk selama satu jam agar campuran menjadi homogen. Setelah penambahan air suling, campuran berubah warna menjadi hijau. Setelah campuran menjadi homogen, ditambahkan 15 mL H_2O_2 35% secara bertahap yang berfungsi sebagai oksidator dan diaduk selama 15 menit agar campuran menjadi homogen. Setelah dilakukan penambahan H_2O_2 , campuran berubah warna menjadi coklat tua. Reaksi yang terjadi saat proses oksidasi grafit menjadi grafit oksida adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1: Perubahan warna campuran A) Campuran Grafit+ H_2SO_4 + NaNO_3 , B) Setelah penambahan KMnO_4 , C) Setelah

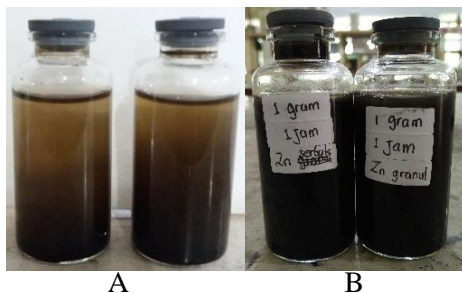
dipanaskan pada suhu 35°C selama 24 jam, D) Setelah penambahan air suling 200 mL, dan E) Setelah penambahan H₂O₂ 30%.

Campuran berwarna coklat tua didiamkan hingga terbentuk dua fasa yaitu fasa padat dan fasa cair. Setelah terbentuk dua fasa, dilakukan pemisahan dengan cara dekantasi. Fasa cair dibuang sebagai limbah sedangkan fasa solid ditambahkan HCl 37% sebanyak 10% yang berfungsi untuk menghilangkan sisa pengotor. Setelah itu, dilakukan pencucian dengan menggunakan air suling hingga pH campuran sama dengan pH air suling yang digunakan. Grafit oksida yang dihasilkan, dikeringkan selama 12 jam pada suhu 100 °C.



Gambar 4.2: Grafit oksida setelah dikeringkan selama 12 jam pada suhu 100°C yang dimasukkan dalam plastik

Grafit oksida yang dihasilkan, ditimbang sebanyak 0,3 gram dan dilarutkan dalam 30 mL air suling. Selanjutnya dilakukan ultrasonikasi selama dua jam. Proses yang terjadi saat diberi gelombang ultrasonik adalah pengelupasan grafit oksida dalam medium air suling menjadi grafena oksida. Larutan grafit oksida sebelum diberi gelombang ultrasonik, larutan terlihat terpisah yaitu berwarna coklat pada bagian atas dan endapan berwarna hitam pada bagian bawah sedangkan larutan grafit oksida yang telah diultrasonikasi berwarna hitam dan tidak terpisah.



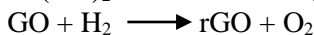
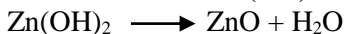
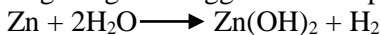
Gambar 4.3: A) Larutan grafit oksida sebelum diultrasonikasi dan B) Larutan grafit oksida setelah diultrasonikasi

4.2 Reduksi Grafena Oksida Menggunakan Logam Pereduksi Zn Serbuk dan Granul

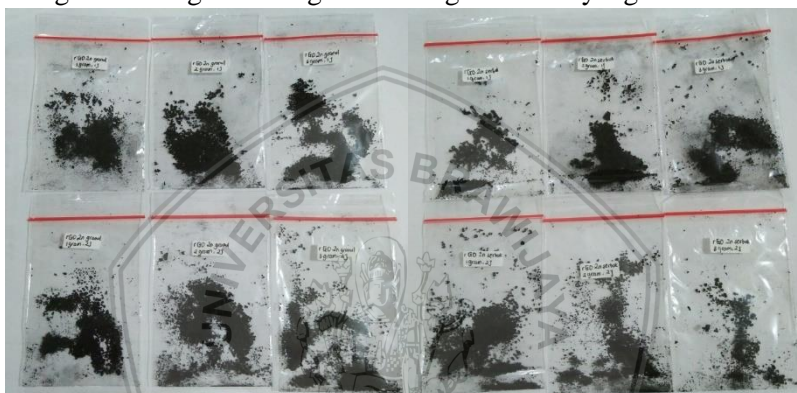
Larutan grafena yang diperoleh direduksi dengan menggunakan logam pereduksi Zn serbuk dan granul. Proses reduksi berlangsung dengan cara mencampurkan larutan grafena oksida yang telah diultrasonikasi dengan HCl 37% sebanyak 10 mL. Penambahan HCl bertujuan sebagai pembawa suasana asam karena proses reduksi dapat berlangsung dengan baik dalam suasana asam. Setelah itu dilakukan reduksi dengan menambahkan logam pereduksi Zn serbuk atau granul dengan variasi massa logam pereduksi sebanyak satu, dua, dan tiga gram. Setelah dilakukan penambahan logam pereduksi, campuran didiamkan selama satu jam. Saat dilakukan pendiaman, campuran menghasilkan gelembung-gelembung gas pada bagian permukaan yang menandakan proses reduksi sedang berlangsung yaitu reduksi gugus fungsi yang mengandung oksida. Setelah itu dilakukan pengadukan dengan variasi waktu pengadukan selama satu dan dua jam. Pengadukan dilakukan agar campuran menjadi homogeny dan mempercepat proses reduksi.

Setelah diaduk larutan grafena ditambahkan HCl 37% sebanyak 10 mL untuk menghilangkan sisa pengotor. Kemudian larutan dicuci menggunakan air suling hingga pH campuran sama dengan pH air suling yang digunakan. Saat pencucian terlihat butiran-butiran berbentuk granul dan berwarna hitam pada grafena hasil reduksi logam Zn granul. Butiran-butiran diduga merupakan logam Zn granul sehingga proses reduksi menggunakan logam Zn granul dianggap belum efektif untuk mereduksi grafena oksida. Larutan grafena yang telah dicuci, dikeringkan selama dua jam pada suhu 100 °C hingga terbentuk serbuk grafena.

Berikut ini adalah reaksi yang terjadi saat proses reduksi berlangsung dengan menggunakan zat pereduksi berupa logam Zn:



Proses reduksi grafena oksida terjadi karena adanya logam Zn yang bereaksi dengan H^+ menghasilkan H_2 yang menginisiasi proses reduksi gugus oksida dari grafena oksida (GO) menjadi grafena hasil reduksi (rGO). Grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk atau granul menghasilkan grafena dengan bentuk yang sama.

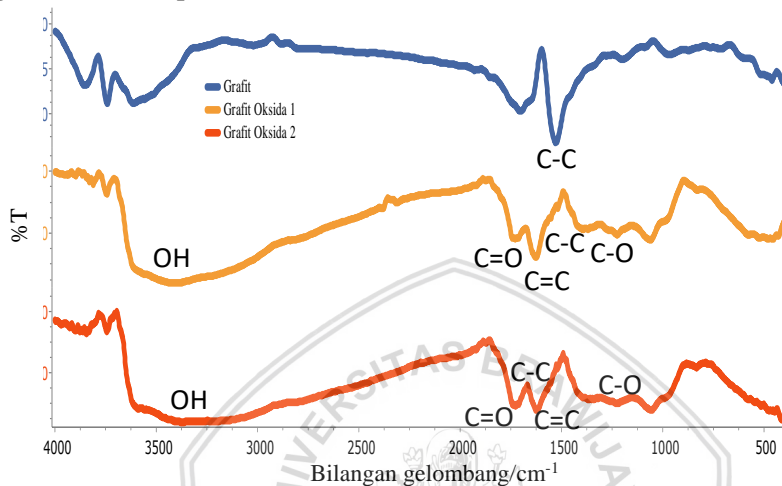


Gambar 4.4: Grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk dan granul yang dimasukkan dalam plastik

4.3 Hasil Karakterisasi Menggunakan Spektrometer FTIR

4.3.1 Hasil Karakterisasi FTIR Grafit dan Grafit Oksida

Hasil analisis menggunakan spektrometer FTIR dari grafit dan grafit oksida dapat dilihat dari Gambar 4.5.



Gambar 4.5: Spektra IR grafit dan grafit oksida

Spektra IR yang dihasilkan oleh grafit menunjukkan adanya gugus C-C ikatan tunggal yang ditunjukkan dengan adanya vibrasi pada bilangan gelombang $1528,28 \text{ cm}^{-1}$. Spektra IR yang dihasilkan oleh grafit oksida menunjukkan adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, gugus C=C aromatis, gugus C-H alifatik, dan gugus C-O ikatan tunggal. Pada spektra IR grafit oksida hasil sintesis pertama, adanya gugus OH ditunjukkan dengan adanya vibrasi pada bilangan gelombang $3391,39 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan melebar. Gugus C=O karbonil dari senyawa karboksilat yang ditunjukkan dengan adanya vibrasi pada bilangan gelombang $1726,93 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah. Pada bilangan gelombang $1391,34\text{-}1061,54 \text{ cm}^{-1}$ terdapat adanya vibrasi gugus C-O dari senyawa epoksida dengan serapan lemah. Gugus OH, gugus C=O karbonil dan gugus C-O ikatan tunggal merupakan gugus yang mengandung oksida yang menandakan bahwa grafit telah teroksidasi menjadi grafit oksida. Selain itu, terbentuknya grafit oksida juga ditandai dengan adanya ikatan C=C aromatis pada bilangan gelombang $1626,64 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan tajam dan masih muncul serapan C-C pada bilangan gelombang $1516,71 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan sangat lemah.

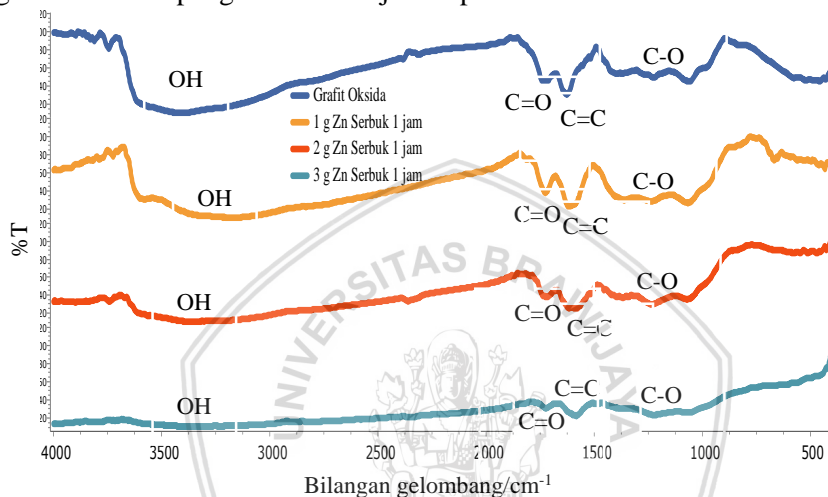
Spektra IR grafit oksida hasil sintesis kedua memiliki bentuk yang identic dengan spektra grafit oksida hasil sintesti pertama. Pada spektra grafit oksida hasil sintesis kedua, adanya gugus OH ditunjukkan dengan adanya serapan kuat dan melebar pada bilangan gelombang 3401,03-3069,30 cm^{-1} . Gugus C=O karbonil dari senyawa karboksilat yang ditunjukkan dengan adanya vibrasi pada bilangan gelombang 1726,93 cm^{-1} dengan serapan sedang. Pada bilangan gelombang 1366,27-1055,75 cm^{-1} terdapat adanya vibrasi gugus C-O dari senyawa epoksida dengan serapan lemah. Selain itu juga terdapat ikatan C=C aromatis pada bilangan gelombang 1626,64 cm^{-1} dengan serapan tajam dan masih muncul serapan C-C pada bilangan gelombang 1516,71 cm^{-1} dengan serapan sangat lemah. Bilangan gelombang dari gugus fungsi grafit dan grafit oksida dirangkum dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Bilangan gelombang dari gugus fungsi grafit dan grafit oksida hasil sintesis pertama dan kedua

Bilangan gelombang (cm^{-1})			
Grafit	Grafit Oksida 1	Grafit Oksida 2	Interpretasi
-	3391,39	3401,03 3069,30	OH
-	1726,93	1726,93	C=O
-	1626,64	1617,00	C=C
1528,28	1516,71	1516,17	C-C
-	1391,34	1366,27	
-	1225,48	1255,48	C-O
	1061,54	1055,75	

4.3.2 Hasil Karakterisasi FTIR Grafit Oksida dan Grafena Menggunakan Zat Pereduksi Zn Serbuk dengan Waktu Pengadukan Satu Jam

Hasil analisis menggunakan spektrometer FTIR dari grafit oksida dan grafena menggunakan logam pereduksi logam Zn serbuk dengan variasi massa logam pereduksi sebanyak satu, dua, dan tiga gram dan lama pengadukan satu jam dapat dilihat dari Gambar 4.6.



Gambar 4.6: Spektra IR grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan satu jam

Spektra grafit oksida menunjukkan adanya gugus OH dengan serapan melebar pada bilangan gelombang $3391,39 \text{ cm}^{-1}$ dan adanya ikatan C-H alifatik pada bilangan gelombang $2839,78 \text{ cm}^{-1}$. Spektra grafit juga menunjukkan adanya gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang $1726,93 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah dan gugus CO dari senyawa epoksida pada bilangan gelombang $1391,34\text{-}1061,54 \text{ cm}^{-1}$. Selain itu, spektra grafit oksida menunjukkan adanya gugus C=C aromatis dengan serapan kuat pada bilangan gelombang $1626,64 \text{ cm}^{-1}$. Pada spektra grafena hasil reduksi tidak muncul serapan C-C. Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk sebanyak satu gram dan waktu pengadukan satu jam menunjukkan adanya gugus OH pada bilangan gelombang $3171,52 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan yang masih kuat. Gugus C=O karbonil juga masih muncul

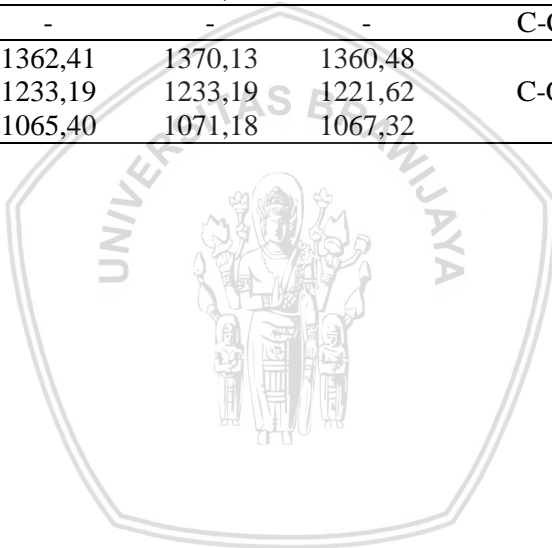
pada bilangan gelombang $1726,93\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan kuat dan adanya gugus C-O dari senyawa epoksida pada bilangan gelombang $1362-1065\text{ cm}^{-1}$. Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn serbuk sebanyak satu gram dan masa pengadukan satu jam. Pada bilangan gelombang $1615,07\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C=C aromatis dengan serapan kuat.

Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk sebanyak dua gram dan waktu pengadukan satu jam juga masih menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengandung oksida yaitu gugus OH pada bilangan gelombang $3171,52\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan sedikit melebar, gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang $1715,36\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah, dan gugus C-O alkoksi dengan serapan lemah pada bilangan gelombang $1370,13-1071,18\text{ cm}^{-1}$. Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida juga masih belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn serbuk sebanyak dua gram dan waktu pengadukan satu jam. Gugus C=C aromatis muncul pada bilangan gelombang $1617-1586,14\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan sedang.

Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk sebanyak tiga gram dan waktu pengadukan satu jam juga menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengandung oksida yaitu gugus OH pada bilangan gelombang $3329,67\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah dan sedikit melebar, gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang $1721,15\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah, dan gugus C-O alkoksi pada bilangan gelombang $1360,48-1067,32\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan sangat lemah. Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida masih belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn serbuk dengan variasi penambahan satu, dua, dan tiga gram dengan waktu pengadukan satu jam. Bilangan gelombang dari gugus fungsi grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan satu jam dirangkum dalam Tabel 4.2.

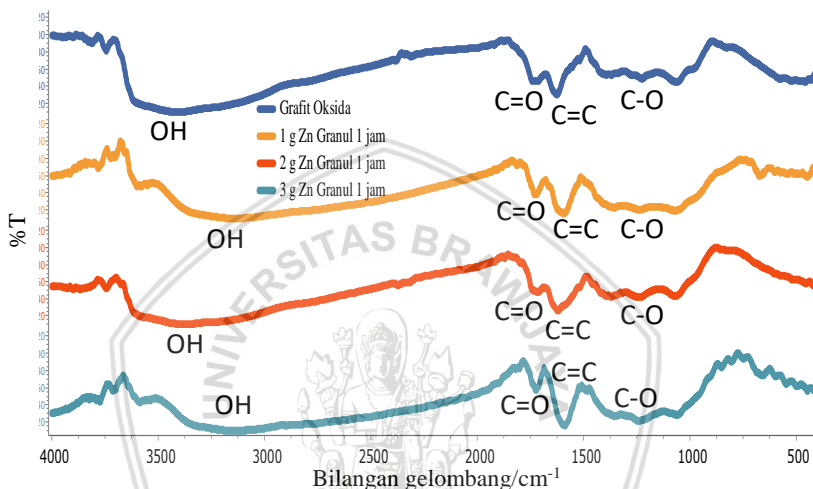
Tabel 4.2: Bilangan gelombang gugus fungsi grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan satu jam

Bilangan gelombang (cm⁻¹)				Interpretasi
Grafit Oksida 1	Grafena Zn (s) 1-1	Grafena Zn (s) 2-1	Grafena Zn (s) 3-1	
3391,39	3171,52	3389,46 3186,95	3329,67	OH
1726,93	1726,93	1715,36	1721,15	C=O
1626,64	1615,07	1617,00 1586,14	1584,21	C=C
1516,71	-	-	-	C-C
1391,34	1362,41	1370,13	1360,48	C-O
1225,48	1233,19	1233,19	1221,62	
1061,54	1065,40	1071,18	1067,32	



4.3.3 Hasil Karakterisasi FTIR Grafit Oksida dan Grafena Menggunakan Zat Pereduksi Zn Granul dengan Waktu Pengadukan Satu Jam

Hasil analisis menggunakan spectrometer FTIR dari grafit oksida dan grafena menggunakan logam pereduksi logam Zn granul dengan variasi massa logam pereduksi sebanyak satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan satu jam dapat dilihat dari Gambar 4.7.



Gambar 4.7: Spektra IR grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan satu jam

Spektra grafit oksida menunjukkan adanya gugus OH dengan serapan melebar pada bilangan gelombang $3391,39\text{ cm}^{-1}$. Spektra grafit juga menunjukkan adanya gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang $1726,93\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah dan gugus CO dari senyawa epoksida pada bilangan gelombang $1391,34\text{--}1061,54\text{ cm}^{-1}$. Selain itu, spektra grafit oksida menunjukkan adanya gugus C=C aromatis dengan serapan kuat pada bilangan gelombang $1626,64\text{ cm}^{-1}$. Pada spektra grafena hasil reduksi tidak muncul serapan C-C. Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul sebanyak satu gram dan waktu pengadukan satu jam menunjukkan adanya gugus OH pada bilangan gelombang $3150,30\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan yang masih kuat. Gugus C=O karbonil juga masih muncul pada bilangan gelombang $1719,22\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan sedang dan

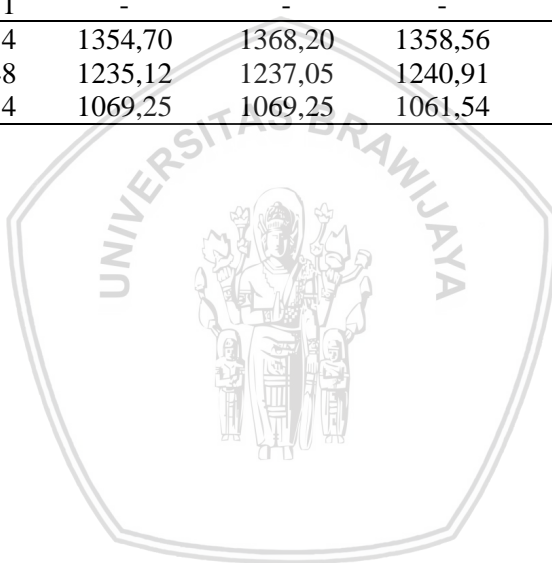
adanya gugus CO alkoksi pada bilangan gelombang 1354,70-1069 cm^{-1} . Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn granul sebanyak satu gram dan waktu pengadukan satu jam. Pada bilangan gelombang 1591,93 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=C aromatis dengan serapan kuat.

Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul sebanyak dua gram dan waktu pengadukan satu jam juga masih menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengandung oksida yaitu gugus OH pada bilangan gelombang 3385,60-3240,95 cm^{-1} dengan serapan sedikit melebar, gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang 1717,29 cm^{-1} dengan serapan lemah, dan gugus C-O alkoksi dengan serapan sedang pada bilangan gelombang 1368,20-1069,25 cm^{-1} . Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida juga masih belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn granul sebanyak dua gram dan waktu pengadukan satu jam. Gugus C=C aromatis muncul pada bilangan gelombang 1617-1620,86 cm^{-1} dengan serapan sedang.

Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul sebanyak tiga gram dan waktu pengadukan satu jam juga masih menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengandung oksida yaitu gugus OH pada bilangan gelombang 3148,37 cm^{-1} dengan serapan lemah dan sedikit melebar, gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang 1723,08 cm^{-1} dengan serapan sedang, dan gugus C-O alkoksi pada bilangan gelombang 1358,56-1061,54 cm^{-1} dengan serapan lemah. Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida masih belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn granul dengan variasi penambahan satu, dua, dan tiga gram dengan waktu pengadukan satu jam. Bilangan gelombang dari gugus fungsi grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan satu jam dirangkum dalam Tabel 4.3.

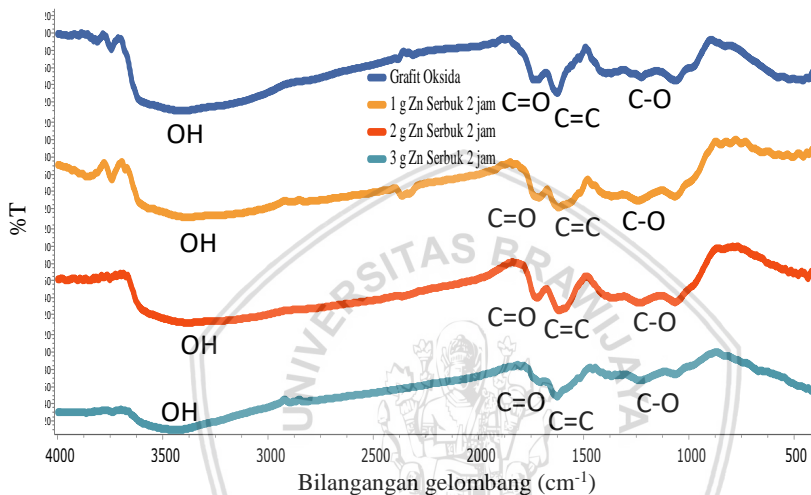
Tabel 4.3: Bilangan gelombang gugus fungsi grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan masa pengadukan satu jam

Bilangan gelombang (cm^{-1})				Interpretasi
Grafit Oksida 1	Grafena Zn (g) 1-1	Grafena Zn (g) 2-1	Grafena Zn (g) 3-1	
3391,39	3150,30	3385,60 3240,95	3148,37	OH
1726,93	1719,22	1717,29	1723,08	C=O
1626,64	1591,93	1620,86	1588,07	C=C
1516,71	-	-	-	C-C
1391,34	1354,70	1368,20	1358,56	C-O
1225,48	1235,12	1237,05	1240,91	
1061,54	1069,25	1069,25	1061,54	



4.3.4 Hasil Karakterisasi FTIR Grafit Oksida dan Grafena Menggunakan Zat Pereduksi Zn Serbuk dengan Waktu Pengadukan Dua Jam

Hasil analisis menggunakan spectrometer FTIR dari grafit oksida dan grafena menggunakan logam pereduksi logam Zn serbuk dengan variasi massa logam pereduksi sebanyak satu, dua, dan tiga gram dan lama pengadukan dua jam dapat dilihat dari Gambar 4.8.



Gambar 4.8: Spektra IR grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan dua jam

Spektra grafit oksida menunjukkan adanya gugus OH dengan serapan melebar pada bilangan gelombang $3391,39 \text{ cm}^{-1}$. Spektra grafit juga menunjukkan adanya gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang $1726,93 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah dan gugus CO dari senyawa epoksida pada bilangan gelombang $1391,34\text{-}1061,54 \text{ cm}^{-1}$. Selain itu, spektra grafit oksida menunjukkan adanya gugus C=C aromatis dengan serapan kuat pada bilangan gelombang $1626,64 \text{ cm}^{-1}$. Pada spektra grafena hasil reduksi tidak muncul serapan C-C. Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk sebanyak satu gram dan waktu pengadukan dua jam menunjukkan adanya gugus OH pada bilangan gelombang $3374,03\text{-}3227,45 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan yang masih kuat. Gugus C=O karbonil juga masih muncul pada bilangan gelombang $1709,58 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan kuat

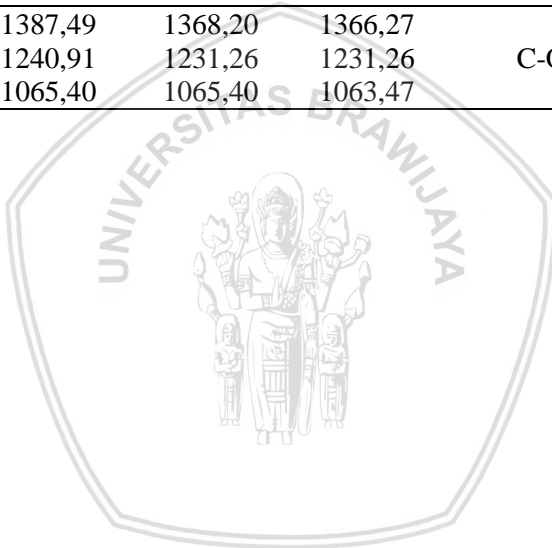
dan adanya gugus C-O dari senyawa epoksida pada bilangan gelombang 1387,49-1065,40 cm^{-1} . Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn serbuk sebanyak satu gram dan waktu pengadukan dua jam. Pada bilangan gelombang 1618,93 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=C aromatis dengan serapan sedang.

Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk sebanyak dua gram dan waktu pengadukan dua jam juga masih menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengandung oksida yaitu gugus OH pada bilangan gelombang 3368,24 cm^{-1} dengan serapan kuat dan melebar, gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang 1721,15 cm^{-1} dengan serapan lemah, dan gugus C-O alkoksi dengan serapan lemah pada bilangan gelombang 1368,20-1065 cm^{-1} . Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida juga masih belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn serbuk sebanyak dua gram dan waktu pengadukan dua jam. Gugus C=C aromatis muncul pada bilangan gelombang 1618,93 cm^{-1} dengan serapan sedang.

Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk sebanyak tiga gram dan waktu pengadukan dua jam juga menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengandung oksida yaitu gugus OH pada bilangan gelombang 3445,39 cm^{-1} dengan serapan lemah dan sedikit melebar, gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang 1703,79 cm^{-1} dengan serapan sangat lemah, dan gugus C-O alkoksi pada bilangan gelombang 1366,27-1063,47 cm^{-1} dengan serapan lemah. Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida masih belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn serbuk dengan variasi penambahan satu, dua, dan tiga gram dengan waktu pengadukan dua jam. Bilangan gelombang dari gugus fungsi grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan dua jam dirangkum dalam Tabel 4.4.

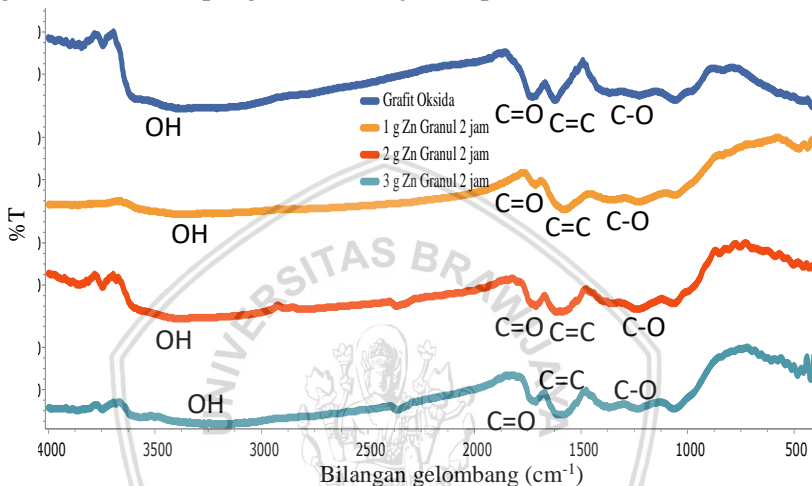
Tabel 4.4: Bilangan gelombang gugus fungsi grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan dua jam

Bilangan gelombang (cm⁻¹)				Interpretasi
Grafit Oksida 1	Grafena Zn (s) 1-2	Grafena Zn (s) 2-2	Grafena Zn (s) 3-2	
3391,39	3374,03 3227,45	3368,24	3445,39	OH
1726,93	1709,58	1721,15	1703,79	C=O
1626,64	1618,93	1618,93	1626,64	C=C
1516,71	-	-	-	C-C
1391,34	1387,49	1368,20	1366,27	C-O
1225,48	1240,91	1231,26	1231,26	
1061,54	1065,40	1065,40	1063,47	



4.3.5 Hasil Karakterisasi FTIR Grafit Oksida dan Grafena Menggunakan Zat Pereduksi Zn Granul dengan Waktu Pengadukan Dua Jam

Hasil analisis menggunakan spectrometer FTIR dari grafit oksida dan grafena menggunakan logam pereduksi logam Zn granul dengan variasi massa logam pereduksi sebanyak satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan dua jam dapat dilihat dari Gambar 4.9.



Gambar 4.9: Spektra IR grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan dua jam

Spektra grafit oksida menunjukkan adanya gugus OH dengan serapan melebar pada bilangan gelombang $3391,39\text{ cm}^{-1}$. Spektra grafit juga menunjukkan adanya gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang $1726,93\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah dan gugus CO dari senyawa epoksida pada bilangan gelombang $1391,34\text{--}1061,54\text{ cm}^{-1}$. Selain itu, spektra grafit oksida menunjukkan adanya gugus C=C aromatis dengan serapan kuat pada bilangan gelombang $1626,64\text{ cm}^{-1}$. Pada spektra grafena hasil reduksi tidak muncul serapan C-C. Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul sebanyak satu gram dan waktu pengadukan dua jam menunjukkan adanya gugus OH pada bilangan gelombang $3416,46\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah dan melebar. Gugus C=O karbonil juga masih muncul pada bilangan gelombang $1713,43\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah dan adanya gugus C-O dari senyawa epoksida pada bilangan gelombang $1360,48\text{--}1059,61\text{ cm}^{-1}$. Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan

gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn granul sebanyak satu gram dan waktu pengadukan dua jam. Pada bilangan gelombang $1578,43\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C=C aromatis dengan serapan sedang.

Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul sebanyak dua gram dan waktu pengadukan dua jam juga masih menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengandung oksida yaitu gugus OH pada bilangan gelombang $3393,32\text{--}3235,16\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan sedang dan melebar, gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang $1717,29\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah, dan gugus C-O alkoksi dengan serapan sedang pada bilangan gelombang $1348,91\text{--}1065,40\text{ cm}^{-1}$. Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida juga masih belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn granul sebanyak dua gram dan waktu pengadukan dua jam. Gugus C=C aromatis muncul pada bilangan gelombang $1611,21\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan sedang.

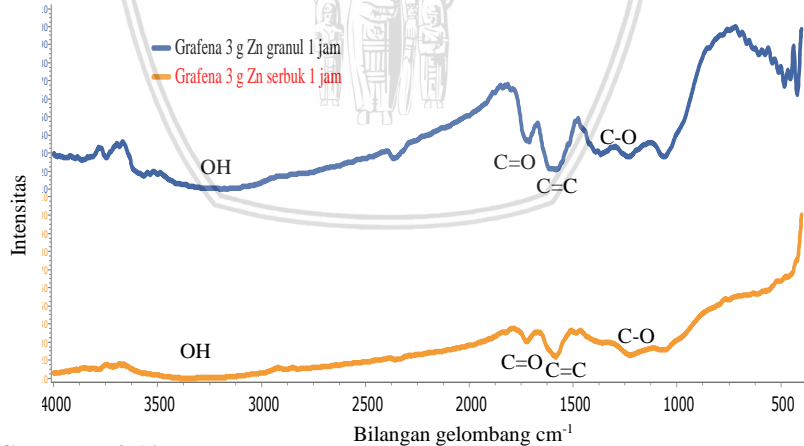
Spektra IR grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul sebanyak tiga gram dan waktu pengadukan dua jam juga menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengandung oksida yaitu gugus OH pada bilangan gelombang $3165,73\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah dan sedikit melebar, gugus C=O karbonil pada bilangan gelombang $1711,50\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan lemah, dan gugus C-O alkoksi pada bilangan gelombang $1366,27\text{--}1061,54\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan sedang. Adanya gugus OH, gugus C=O karbonil, dan gugus C-O alkoksi yang masih muncul menunjukkan bahwa grafit oksida masih belum tereduksi secara sempurna dengan menggunakan logam pereduksi Zn granul dengan variasi penambahan satu, dua, dan tiga gram dengan waktu pengadukan dua jam. Bilangan gelombang dari gugus fungsi grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan dua jam dirangkum dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Bilangan gelombang gugus fungsi grafit oksida dan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn granul dengan variasi massa satu, dua, dan tiga gram dan waktu pengadukan dua jam

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)				Interpretasi
Grafit Oksida 2	Grafena Zn (g) 1-1	Grafena Zn (g) 2-1	Grafena Zn (g) 3-1	
3401,03	3416,46	3393,32	3165,73	OH
3069,30		3235,16		
1726,93	1713,43	1711,50	1711,50	C=O
1617,00	1578,43	1611,21	1584,21	C=C
1516,17	-	-	-	C-C
1366,27	1360,48	1348,91	1366,27	C-O
1255,48	1227,41	1238,98	1235,12	
1055,75	1059,61	1065,40	1061,54	

4.3.6 Perbandingan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk dan granul

Hasil FTIR grafena hasil reduksi tiga gram menggunakan logam Zn serbuk dan granul dengan waktu pengadukan satu jam dapat dilihat dari Gambar 4.10.



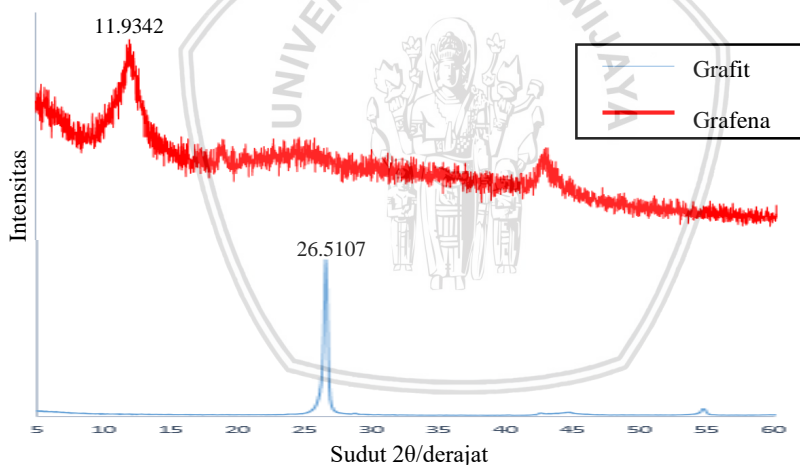
Gambar 4.10: Spektra IR grafena hasil reduksi tiga gram logam Zn serbuk dan granul dengan waktu pengadukan satu jam

Gambar 4.10 menunjukkan hasil FTIR grafena hasil reduksi tiga gram menggunakan logam Zn serbuk dan granul dengan waktu pengadukan satu jam. Grafena hasil reduksi tiga gram logam Zn

serbuk dan granul dengan waktu pengadukan satu jam memiliki gugus fungsi yang sama yaitu terdapat vibrasi OH, C=O, C=C, dan C-O. Grafena terbaik tidak dapat ditentukan dengan melihat hasil FTIR karena nilai intensitas tidak bisa dijadikan acuan secara kuantitatif. Hal ini dikarenakan setiap massa sampel yang akan dianalisis tidak ditimbang sehingga massa tiap sampel yang dianalisis belum tentu sama.

4.4 Karakterisasi Menggunakan Instrumen XRD

Sampel yang dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD adalah grafit dan grafena hasil reduksi Zn serbuk dua gram dengan waktu pengadukan dua jam. Analisis XRD dilakukan dengan pengamatan sudut pendek yaitu 5° - 60° . Berdasarkan literatur, grafit memberikan difraksi pada sudut 2θ 26,5897 dengan d -spacing 3,34968 Å sedangkan grafena memberikan difraksi sudut 2θ pada 24,1908 dengan d -spacing 3,676147 Å [13].

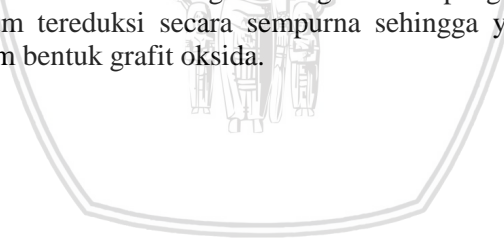


Gambar 4.11: Difraktogram grafit dan grafena hasil reduksi Zn serbuk dua gram dengan waktu pengadukan dua jam

Gambar 4.11 menunjukkan hasil analisis menggunakan XRD dari grafit dan grafena hasil reduksi logam Zn serbuk dua gram dengan waktu pengadukan dua jam. Hasil XRD menunjukkan bahwa grafit memberikan difraksi pada sudut 26,5107 dengan d -spacing 3,36226 Å sedangkan grafena hasil reduksi logam Zn serbuk dua gram dengan waktu pendaukan dua jam memberikan difraksi sudut 2θ pada 11,9342

dengan *d-spacing* 7,41590 Å. Hasil XRD dari grafit pada penelitian ini sesuai dengan literatur nomor 13. Berdasarkan literatur, grafit memberikan difraksi pada sudut 2θ 26,5897 dengan *d-spacing* 3,34968 Å [13] dan pada penelitian ini grafit memberikan difraksi pada sudut 26,5107 dengan *d-spacing* 3,36226 Å. Pola difraktogram grafit pada penelitian ini sama dengan pola difraktogram pada literature [13].

Hasil XRD dari grafena pada penelitian ini tidak sesuai dengan literature. Menurut literatur, grafena memberikan difraksi sudut 2θ pada 24,1908 dengan *d-spacing* 3,676147 Å [13] sedangkan pada penelitian ini grafena hasil reduksi logam Zn serbuk dua gram dengan waktu pengadukan dua jam memberikan difraksi sudut 2θ pada 11,9342 dengan *d-spacing* 7,41590 Å. Difraksi yang diberikan grafena pada penelitian ini diduga merupakan difraksi dari grafit oksida. Berdasarkan literatur, grafit oksida memberikan difraksi pada sudut 2θ 12,0433 dengan *d-spacing* 7,342887 Å (Gambar 2.5) [13]. Difraksi yang diberikan grafena hasil reduksi logam Zn serbuk dua gram dengan waktu pengadukan dua jam memiliki sudut 2θ dengan *d-spacing* yang hampir sama dengan difraksi grafit oksida pada literatur [13]. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa grafena hasil reduksi menggunakan Zn serbuk dua gram dengan waktu pengadukan dua jam masih belum tereduksi secara sempurna sehingga yang dihasilkan masih dalam bentuk grafit oksida.



4.5 Hasil Uji Kelarutan dengan Air dan Kloroform

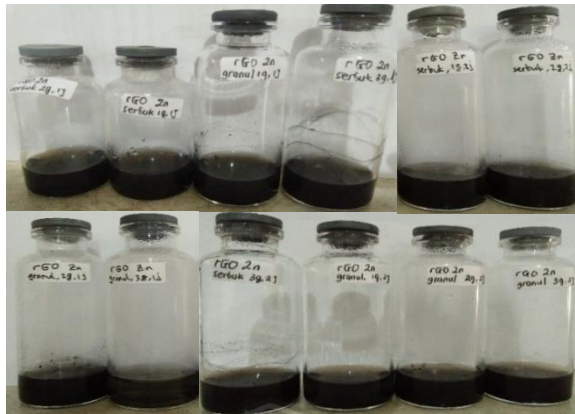
Uji kelarutan dilakukan dengan menimbang grafit oksida sebanyak 1 mg dan dilarutkan dalam dua pelarut berbeda yaitu air suling dan kloroform masing-masing sebanyak 5 mL. Setelah itu dilakukan proses ultrasonikasi untuk mengetahui kestabilan kelarutan grafit oksida yang diberi gelombang ultrasonik. Proses ultrasonikasi dilakukan selama satu jam.



Gambar 4.12: Grafit oksida dalam kloroform (kanan) dan air suling (kiri)

Gambar 4.12 adalah hasil uji kelarutan grafit oksida dalam pelarut kloroform dan air suling. Hasil uji kelarutan menunjukkan bahwa grafit oksida lebih larut dalam air suling daripada kloroform. Hal ini sesuai dengan literatur nomor [25] dan dapat dilihat pada tabel 2.1 yang menunjukkan bahwa grafit oksida memiliki nilai kelarutan lebih besar dalam air suling yaitu sebesar $6,6 \mu\text{g/mL}$ sedangkan nilai kelarutan grafit oksida dalam kloroform sebesar $1,3 \mu\text{g/mL}$ [25].

Uji kelarutan grafena dilakukan dengan cara yang sama yaitu 1 mg grafena dilarutkan dalam dua pelarut yang berbeda yaitu air suling dan kloroform masing-masing sebanyak 5 mL. Setelah itu dilakukan proses ultrasonikasi untuk mengetahui kestabilan kelarutan grafit oksida yang diberi gelombang ultrasonik. Proses ultrasonikasi dilakukan selama satu jam.



Gambar 4.13: Grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk dan granul dalam pelarut air suling

Gambar 4.13 menunjukkan grafena hasil reduksi Zn serbuk dan granul dengan berbagai perlakuan yang dilarutkan dalam air suling. Hasil uji kelarutan menunjukkan bahwa semua grafena larut dalam air suling. Menurut literatur nomor [25], grafena memiliki nilai kelarutan dalam air suling sebesar $4,74 \mu\text{g/mL}$ dan nilai kelarutan grafena dalam air suling hampir sama dengan nilai kelarutan grafena dalam kloroform yaitu sebesar $4,6 \mu\text{g/mL}$. Oleh karena itu, dilakukan uji kelarutan lebih lanjut dengan menggunakan pelarut kloroform.



Gambar 4.14: Grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk dan granul dalam pelarut kloroform

Tabel 4.6: Tingkat kelarutan grafena yang ditunjukkan dengan simbol (+) artinya sangat tidak larut hingga (+++++) artinya sangat larut dalam pelarut

Variasi Grafena	Tingkat Kelarutan	
	Kloroform	Air Suling
1 g Zn serbuk 1 jam	++	++++
2 g Zn serbuk 1 jam	+++	+++
3 g Zn serbuk 1 jam	++++	+++
1 g Zn granul 1 jam	+++	++++
2 g Zn granul 1 jam	++++	++++
3 g Zn granul 1 jam	++++	+++
1 g Zn serbuk 2 jam	++++	+++
2 g Zn serbuk 2 jam	+++	++++
3 g Zn serbuk 2 jam	++	+++++
1 g Zn granul 2 jam	++++	+++
2 g Zn granul 2 jam	+++	+++
3 g Zn granul 2 jam	+	++++

Gambar 4.13 merupakan grafena hasil reduksi Zn serbuk dan granul dengan berbagai perlakuan yang dilarutkan dalam kloroform. Hasil uji kelarutan menunjukkan bahwa tidak semua grafena hasil reduksi Zn serbuk dan granul dapat larut dalam kloroform. Hal ini menunjukkan bahwa hasil uji kelarutan yang telah dilakukan bertentangan dengan literatur nomor [25] yang menyatakan bahwa grafena memiliki nilai kelarutan yang hampir sama dalam air suling dan kloroform. Berdasarkan struktur, grafena merupakan senyawa non polar karena tidak memiliki gugus OH sehingga grafena seharusnya lebih larut dalam pelarut non polar seperti kloroform. Sedangkan grafit oksida memiliki gugus OH yang menandakan bahwa grafit oksida lebih bersifat polar sehingga grafit oksida larut dalam pelarut polar seperti air suling. Berdasarkan hasil uji kelarutan dapat disimpulkan bahwa grafena yang tidak atau kurang larut dalam kloroform tetapi larut dalam air menandakan bahwa proses reduksi grafit oksida tidak berlangsung secara sempurna sehingga masih ada grafit oksida yang belum tereduksi. Oleh karena itu, grafena yang dihasilkan masih mengandung grafit oksida yang cenderung larut dalam pelarut polar seperti air suling.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan logam pereduksi Zn serbuk dan granul berpengaruh terhadap intensitas oksida pada produk sintesis grafena tetapi grafena yang dihasilkan pada penelitian ini masih belum sesuai standar.
2. Belum ditemukan massa optimum logam pereduksi tetapi diketahui massa terbaik logam pereduksi Zn serbuk maupun granul yang digunakan adalah sebanyak tiga gram.
3. Belum diketahui waktu pengadukan optimum dalam sintesis grafena tetapi diketahui waktu pengadukan yang terbaik saat menggunakan logam Zn serbuk maupun granul adalah satu jam.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya perlu dikaji lebih lanjut tentang metode pencucian yang efisien dan perlu dilakukan penambahan variasi massa pereduksi dan waktu pengadukan untuk mengetahui massa pereduksi dan waktu pengadukan yang optimum dalam sintesis grafena. Selain itu, peneliti selanjutnya diharapkan untuk mengetahui perbandingan massa sampel dan KBr yang digunakan dalam analisis FTIR agar hasil spektrum IR yang diperoleh lebih valid.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN ABSTRAK	v
HALAMAN ABSTRACT	vi
HALAMAN KATA PENGANTAR	vii
HALAMAN DAFTAR ISI	viii
HALAMAN DAFTAR TABEL	ix
HALAMAN DAFTAR GAMBAR	x
HALAMAN DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
1.1 Grafena	4
1.2 Sintesis Grafena	4
1.3 Logam Zn sebagai Zat Pereduksi	
1.4 Analisis Menggunakan Spektrometer FTIR (<i>Fourier-Transform Infrared Spectroscopy</i>)	7
1.5 Analisis Menggunakan Instrumen XRD (<i>X-ray Diffraction</i>)	8
1.6 Uji Kelarutan Menggunakan Air dan Kloroform	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	11
3.2.1 Alat Penelitian	11
3.2.2 Bahan Penelitian	11
3.3 Tahapan Penelitian	11
3.4 Prosedur kerja	11
3.4.1 Sintesis Grafena Oksida	11
3.4.2 Reduksi Grafena Oksida	12
3.4.3 Karakterisasi Menggunakan Spektrometer FTIR	12
3.4.4 Karakterisasi Menggunakan Instrumen XRD	13
3.4.5 Uji Kelarutan dengan Air dan Kloroform	13

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Sintesis Grafena Oksida	14
4.2 Reduksi Grafena Oksida Menggunakan Logam Pereduksi Zn Serbuk dan Granul	16
4.3 Hasil Karakterisasi Menggunakan Spektrometer FTIR	18
4.3.1 Hasil Karakterisasi FTIR Grafit dan Grafit Oksida	18
4.3.2 Hasil Karakterisasi FTIR Grafit Oksida dan Grafena Menggunakan Zat Pereduksi Zn Serbuk dengan Waktu Pengadukan Satu Jam	20
4.3.3 Hasil Karakterisasi FTIR Grafit Oksida dan Grafena Menggunakan Zat Pereduksi Zn Granul dengan Waktu Pengadukan Satu Jam	23
4.3.4 Hasil Karakterisasi FTIR Grafit Oksida dan Grafena Menggunakan Zat Pereduksi Zn Serbuk dengan Waktu Pengadukan Dua Jam	26
4.3.5 Hasil Karakterisasi FTIR Grafit Oksida dan Grafena Menggunakan Zat Pereduksi Zn Granul dengan Waktu Pengadukan Dua Jam	29
4.3.6 Perbandingan grafena hasil reduksi menggunakan logam Zn serbuk dan granul	31
4.4 Hasil Karakterisasi Menggunakan Instrumen XRD	32
4.5 Hasil Uji Kelarutan dengan Air dan Kloroform	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	51

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hall, Christopher, 2014, **Materials: A Very Short Introduction**, Oxford University Press, USA.
- [2] A. K. Geim, 2009, **Graphene: Status and Prospects**, *Science*, Vol. 324, No. 5934, pp. 1530-1534.
- [3] Geng Zhi-gang et al, 2012, **A Green and Mild Approach of Synthesis of Highly-Conductive Graphene Film by Zn Reduction of Exfoliated Graphite Oxide**, *Journal Chemistry Physic*, Vol 25 No.4:494-500, China.
- [4] Geim, A.K. and Novoselov, K.S, 2007, **The Rise of Graphene**, *Nature Materials*, Vol 6, 183-191.
- [5] R. R. Nair, et al., **Universal Dynamic Conductivity and Quantized Visible Opacity of Suspended Graphene**, 2008, *Science*, Vol 320, 1308-1315.
- [6] C. Lee, X. Wei, J. W. Kysar, J. Hone, 2008, **Measurement of The Elastic Properties and Intrinsic Strength of Monolayer Graphene**, *Science*, Vol. 321, No.5887: 385 – 388.
- [7] Bolotin, K. I. et al., 2008, **Ultrahigh Electron Mobility In Suspended Graphene**, *Solid State Communications*, Vol.146, No.9, pp. 351 – 355.
- [8] A. A. Baladin, et al., 2008, **Superior Thermal Conductivity of Single-Layer Graphene**, *Nano Letters*, Vol. 8, No.3, pp. 902 – 907.
- [9] Stoller MD, Park S, Zhu Y, An J, Ruoff RS., 2008, **Graphene-Based Ultracapacitors**, *Nano Letters*. Vol 8(10): 3498-3502.
- [10] Ang PK, Chen W, Wee AT, Loh KP., 2008, **Solution-Gated Epitaxial Graphene as pH Sensor**. *Journal Am. Chemistry Society*. 130(44): 14392-14393.
- [11] Wang X, Zhi L, Mullen K., 2008, **Transparent Conductive Graphene Electrodes for Dye-Sensitized Solar Cells**. *Nano Letters*. Vol 8(1): 323-327.

- [12] Xu J, Wang L, Zhu Y., 2012, **Decontamination of Bisphenol from Aqueous Solution by Graphene Adsorption**, *Langmuir*, Vol 28(22):8418-8425.
- [13] Ilhami, M.R., dan Susanti, D., 2014, **Pengaruh Massa Zn dan Temperatur Hydrothermal Terhadap Struktur dan Sifat Elektrik Material Graphene**, *Jurnal Teknik POMITS*, Vol. 3, No.2, PP.185-190.
- [14] Taufantri, Y., Irdhawati, Raka, I. A., dan Asih, A., 2016, **Sintesis dan Karakterisasi Grafena dengan Metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan Pereduksi Zn**, *Jurnal Kimia Valensi*, Vol. 2, No. 1, pp. 17-23.
- [15] K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, and A. A. Firsov., 2004, **Electric field effect in atomically thin carbon films**, *Science*, Vol. 306, No.5696, pp. 666-669.
- [16] Soldano, C., Mahmood, A. and Dujardin, E., 2010, **Production, Properties and Potential of Graphene**. *Carbon*, Vol 48:2127-2150.
- [17] Kumar, Ajay and Chee Huei Lee., 2013, **Synthesis and Biomedical Applications of Graphene**, *Present and Future Trends*, Vol 10, pp 5772/5572.
- [18] Shao, G. *et al.*, 2012, **Graphene Oxide: The Mechanisms of Oxidation and Exfoliation**, *Journal of Materials Science*, Vol 47(10), pp. 4400 – 4409.
- [19] Syakir, N., dkk., 2015, **Kajian Pembuatan Oksida Grafit untuk Produksi Oksida Grafena dalam Jumlah Besar**, *Jurnal Fisika Indonesia*, Vol. XIX, No.5, pp. 26-29.
- [20] Wisnuwijaya, Rhyko Irawan, 2017, **Preparasi dan Sintesis Graphene Oxide dengan Metode Liquid Sonication Exfoliation Dan Random Collision Marbles Shaking dengan Bahan Dasar Graphite Limbah Baterai Zinc-Carbon Berdasarkan Uji Spektrofotometer UV-Vis**, *Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, Universitas Negeri Yogyakarta

- [21] Krane, N., 2011, **Preparation of Graphene**, *Freie Universität Berlin*, pp. 1-5.
- [22] Chen, J., Yao, B., Li, C., dan Shi, G., 2013, **An Improved Hummers Method for Eco-friendly Synthesis of Graphene Oxide**, *Elsivier*, Vol. 64, pp. 225-229.
- [23] Azizah, Lita Nur dan Diah Susanti, 2014, **Pengaruh Variasi Kadar Zn dan Temperatur Hydrothermal Terhadap Struktur dan Nilai Konduktivitas Elektrik Material Graphene**, *Jurnal Teknik POMITS*, Vol. 3, No.2, pp. 209-214.
- [24] Emsley, J., 2012, **Zinc**, <http://www.rsc.org/periodic-table/element/30/zinc>, diakses pada tanggal 27 Januari 2018 pukul 15.16 WIB.
- [25] Konios, D., et al., 2014, **Dispersiion Behaviour of grapheme Oxide and Reduced Graphene Oxide**, *Elsevier*, pp.108-112.

